

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Sadayoshi KANEMARU, et al.

GAU:

SERIAL NO: 10/015,627

EXAMINER:

FILED: December 17, 2001

FOR: SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT, SEMICONDUCTOR LASER MODULE, FABRICATION METHOD THEREOF
AND AMPLIFIER FOR OPTICAL FIBER

REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS
WASHINGTON, D.C. 20231

SIR:

- Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number, filed, is claimed pursuant to the provisions of **35 U.S.C. §120**.
- Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of **35 U.S.C. §119(e)**.
- Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of **35 U.S.C. §119**, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

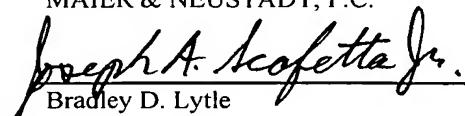
| <u>COUNTRY</u> | <u>APPLICATION NUMBER</u> | <u>MONTH/DAY/YEAR</u> |
|-----------------------|----------------------------------|------------------------------|
| JAPAN | 2000-381936 | December 15, 2000 |
| JAPAN | 2001-382233 | December 14, 2001 |

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- are submitted herewith
- will be submitted prior to payment of the Final Fee
- were filed in prior application Serial No. filed
- were submitted to the International Bureau in PCT Application Number .
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
(B) Application Serial No.(s)
 - are submitted herewith
 - will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Bradley D. Lytle
Registration No. 40,073

Joseph A. Scafetta, Jr.
Registration No. 26,803



22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 10/98)



日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年12月15日

出願番号

Application Number:

特願2000-381936

[ST.10/C]:

[JP2000-381936]

出願人

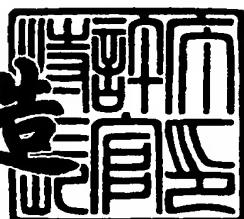
Applicant(s):

古河電気工業株式会社

2002年 1月25日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2002-3000690

【書類名】 特許願

【整理番号】 A00556

【提出日】 平成12年12月15日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/18

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 木村 俊雄

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 築地 直樹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 愛清 武

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 清水 健男

【特許出願人】

【識別番号】 000005290

【氏名又は名称】 古河電気工業株式会社

【代表者】 古河 潤之助

【代理人】

【識別番号】 100096035

【弁理士】

【氏名又は名称】 中澤 昭彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 043351

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9801417

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザモジュール及びその製造方法並びに光ファイバ増幅器

【特許請求の範囲】

【請求項1】

間隔を隔てて形成された第1のストライプ及び第2のストライプを有し、前記第1のストライプ及び第2のストライプの端面からそれぞれ第1のレーザ光及び第2のレーザ光を出射する半導体レーザ素子と、

その半導体レーザ素子から出射された前記第1のレーザ光と第2のレーザ光とが入射され、前記第1のレーザ光と第2のレーザ光との間隔を広げるよう分離させる第1レンズと、

その第1レンズを通過した前記第1のレーザ光と前記第2のレーザ光の何れか一方のみが入射され、入射されたレーザ光の偏波面を所定の角度回転させる偏光回転手段と、

前記第1レンズ又は偏光回転手段からの前記第1のレーザ光が入射される第1のポートと、前記偏光回転手段又は第1レンズからの前記第2のレーザ光が入射される第2のポートと、前記第1のポートから入射される第1のレーザ光と前記第2のポートから入射される第2のレーザ光とが合波されて出射される第3のポートとを有する偏波合成手段と、

その偏波合成手段の前記第3のポートから出射されるレーザ光を受光し外部に送出する光ファイバと、

を有することを特徴とする半導体レーザモジュール。

【請求項2】

前記半導体レーザ素子の第1のストライプと第2のストライプは、互いに平行に延びて形成されていることを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項3】

前記第1レンズは、前記第1のストライプから出射された第1のレーザ光の光軸と前記第2のストライプから出射された第2のレーザ光の光軸とが、前記第1

レンズの中心軸を挟んで略対称になるように位置決めされることを特徴とする請求項1又は2に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項4】

前記偏波合成手段は、前記第1のポートから入射した第1のレーザ光と前記第2のポートから入射した第2のレーザ光の何れか一方を常光線として前記第3のポートに伝搬させるとともに、他方を異常光線として前記第3のポートに伝搬させる複屈折素子であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1つの項に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項5】

前記常光線が光ファイバの軸線方向に伝搬するように、前記偏波合成手段の第1のポートと第2のポートが形成されている各々の面が傾斜して形成されていることを特徴とする請求項4に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項6】

前記常光線が光ファイバの軸線方向に伝搬するように、前記半導体レーザ素子及び第1レンズは、前記軸線方向に対して所定角度傾斜して配置されることを特徴とする請求項4に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項7】

前記偏光回転手段及び偏波合成手段は、同一のホルダ部材に固定されていることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1つの項に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項8】

前記第1レンズと前記偏波合成手段との間には、第1のレーザ光及び第2のレーザ光を入射し、互いの光軸を略平行にして出射するプリズムが配設されていることを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1つの項に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項9】

前記プリズム、前記偏光回転手段及び偏波合成手段は、同一のホルダ部材に固定されていることを特徴とする請求項8に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項10】

前記偏波合成手段と前記光ファイバとの間に配置され、前記偏波合成手段の第3のポートから出射されるレーザ光を前記光ファイバに光結合させる第2レンズを有することを特徴とする請求項1乃至9のいずれか1つの項に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項11】

前記第1のレーザ光及び第2のレーザ光が、前記第1レンズと前記第2レンズとの間で焦点を結ぶように前記第1レンズが位置決めされていることを特徴とする請求項10に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項12】

所定の波長の光を半導体レーザ素子に帰還させる光反射部が設けられていることを特徴とする請求項1乃至請求項11のいずれか1つに記載の半導体レーザモジュール。

【請求項13】

前記光反射部は、前記光ファイバに形成されたファイバグレーティングであることを特徴とする請求項12に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項14】

前記半導体レーザ素子を冷却する冷却装置と、その冷却装置上に固定され、前記半導体レーザ素子を載置する基台とを有し、前記第1レンズ、前記偏光回転手段及び偏波合成手段は、前記基台上に固定されていることを特徴とする請求項1乃至13のいずれか1つの項に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項15】

前記基台は、前記半導体レーザ素子を固定する第1の基台と、その第1の基台上に固定され、前記第1レンズ、前記偏光回転手段及び偏波合成手段を固定する第2の基台とからなることを特徴とする請求項14に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項16】

請求項1に記載された半導体レーザモジュールの製造方法において、

前記半導体レーザ素子を基台上に固定する第1の工程と、

前記半導体レーザ素子からレーザ光を出射した状態で、前記第1レンズを調芯

して前記基台上に固定する第2の工程と、

前記半導体レーザ素子からレーザ光を出射した状態で、前記偏光回転手段を調芯して前記基台上に固定する第3の工程と、

前記半導体レーザ素子からレーザ光を出射した状態で、前記偏波合成手段を調芯して前記基台上に固定する第4の工程と、

前記半導体レーザ素子からレーザ光を出射した状態で、前記光ファイバを調芯して固定する第5の工程と、

を有することを特徴とする半導体レーザモジュールの製造方法。

【請求項17】

前記偏光回転手段及び偏波合成手段は、同一のホルダ部材に固定されており、前記ホルダ部材を調芯することにより、第3の工程と第4の工程を同時に行うことと特徴とする請求項16に記載の半導体レーザモジュールの製造方法。

【請求項18】

前記第1レンズと前記偏波合成手段との間には、第1のレーザ光及び第2のレーザ光を入射し、互いの光軸を略平行にして出射するプリズムが配設され、前記プリズム、前記偏光回転手段及び偏波合成手段は、同一のホルダ部材に固定されており、前記ホルダ部材を調芯することにより、第3の工程と第4の工程を同時に行うことと特徴とする請求項16に記載の半導体レーザモジュールの製造方法

【請求項19】

前記ホルダ部材の調芯は、

(1) 前記半導体レーザ素子の第1のストライプ及び第2のストライプの双方からレーザ光を出射させる工程と、

(2) 第1のストライプから出射される第1のレーザ光を前記偏波合成手段の第1のポートに入射させると共に前記第2のストライプから出射される第2のレーザ光を前記偏波合成手段の第2のポートに入射させる工程と、

(3) 前記ホルダ部材を中心軸の周りに回転させて第1のポートに入射した前記第1のレーザ光と第2のポートに入射した第2のレーザ光がともに第3のポートから出射されるように位置調整する工程と、

(4) 前記(3)の工程後に前記ホルダ部材の前記中心軸周りの位置を固定する工程と、

を含むことを特徴とする請求項17又は18に記載の半導体レーザモジュールの製造方法。

【請求項20】

前記請求項1乃至15のいずれか1つの項に記載の半導体レーザモジュールと、信号光が伝送される光ファイバとを有し、前記半導体レーザモジュールから出射される励起光と前記光ファイバに伝送される信号光とを合波して前記信号光に利得を与えることを特徴とする光ファイバ増幅器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体レーザモジュール及びその製造方法並びにその半導体レーザモジュールを用いた光ファイバ増幅器に関し、特に、2つのレーザ光を出射させる2つのストライプを備えた半導体レーザ素子を用いた半導体レーザモジュール及びその製造方法並びに光ファイバ増幅器に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年における高密度波長分割多重伝送方式による光通信の進展に伴い、光ファイバ増幅器に使用される励起光源に対する高出力化の要求がますます高まっている。

【0003】

また、最近では、光ファイバ増幅器として従来より使用されてきたエルビウムドープ光ファイバ増幅器よりも更に広帯域の光を増幅する手段としてラマン増幅器に対する期待が高まっている。ラマン増幅は、光ファイバに励起光を入射したときに発生する誘導ラマン散乱により、励起光波長から約13THz低周波側に利得が現れ、このように励起された状態の光ファイバに、上記利得を有する波長帯域の信号光を入力すると、その信号光が増幅されるという現象を利用した光信号の増幅方法である。

【0004】

ラマン増幅においては、信号光と励起光（ポンプ光）の偏波方向が一致している状態で信号光が増幅されるので、信号光と励起光との偏波面のずれの影響を極力小さくする必要がある。そのため、励起光の偏波を解消（非偏光化：デポラライズ）して、偏光度（DOP：Degree Of Polarization）を低減させることが行われている。

【0005】

このように、励起光源の高出力化及び無偏光化を同時に実現する方法として、例えば米国特許第5589684号公報に開示されているように、同一波長で発振する2つの半導体レーザモジュールから出力されたレーザ光を偏波合成カプラにより偏波合成する方法が知られている。

【0006】

図12は、米国特許第5589684号公報に開示された半導体レーザ装置を説明するための説明図である。

【0007】

図12に示すように、従来の半導体レーザ装置は、同一波長で互いに直交する方向にレーザ光を出射する第1の半導体レーザ素子60及び第2の半導体レーザ素子61と、第1の半導体レーザ素子60から出射されたレーザ光を平行にする第1の平行レンズ62と、第2の半導体レーザ素子61から出射されたレーザ光を平行にする第2の平行レンズ63と、第1の平行レンズ62及び第2の平行レンズ63によって平行になったレーザ光を直交偏波合成する偏波合成カプラ64と、偏波合成カプラ64によって偏波合成されたレーザ光を集光する集光レンズ65と、集光レンズ65によって集光されたレーザ光が入射され外部に送出するファイバグレーティング66付き光ファイバ67とを有する。

【0008】

従来の半導体レーザ装置によれば、第1の半導体レーザ素子60及び第2の半導体レーザ素子61から互いに直交する方向に出射されたレーザ光が偏波合成カプラ64によって偏波合成されるので、光ファイバ67からは偏光度の小さいレーザ光を出力することができる。また、光ファイバ67にファイバグレーティン

グ66が形成されているので、半導体レーザ素子60、61の発振波長が同一波長に固定され、光ファイバ67から波長が固定されたレーザ光を出力することができる。

【0009】

従って、上記の従来の半導体レーザ装置は、高い光出力が要求される光ファイバ増幅器の励起光源、とりわけ低偏波依存性及び波長安定性が要求されるラマン増幅器の励起光源として適用することが可能である。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来の半導体レーザ装置では、2個の半導体レーザ素子60、61をそれぞれ取り付けた2個のチップキャリアを基台上に半田付けして配置する必要がある。このとき、2個の半導体レーザ素子60、61から出射されるレーザ光が互いに直交するように位置決めする必要があるため、半導体レーザ素子の位置決め時間が長くなる。その結果、半導体レーザモジュールの製造時間が長くなる

【0011】

また、各半導体レーザ素子60、61からの出射光が互いに全く異方向に出力されるため、高温状態において光学部品を調芯固定したパッケージの反り等の影響により、光ファイバから出力される光の光強度及び偏光度を安定化させることができない。

【0012】

本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、2つのレーザ光を出射させる2つのストライプを備えた半導体レーザ素子を用いることにより、半導体レーザ素子の位置決め時間及びレンズの調芯時間を短くするとともに、半導体レーザモジュールから出力されるレーザ光の光強度及び偏光度の安定化を図ることができ半導体レーザモジュール及びその製造方法並びに光ファイバ増幅器を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】

本発明の半導体レーザモジュールは、間隔を隔てて形成された第1のストライプ及び第2のストライプを有し、前記第1のストライプ及び第2のストライプの端面からそれぞれ第1のレーザ光及び第2のレーザ光を出射する半導体レーザ素子と、その半導体レーザ素子から出射された前記第1のレーザ光と第2のレーザ光とが入射され、前記第1のレーザ光と第2のレーザ光との間隔を広げるように分離させる第1レンズと、その第1レンズを通過した前記第1のレーザ光と前記第2のレーザ光の何れか一方のみが入射され、入射されたレーザ光の偏波面を所定の角度回転させる偏光回転手段と、前記第1レンズ又は偏光回転手段からの前記第1のレーザ光が入射される第1のポートと、前記偏光回転手段又は第1レンズからの前記第2のレーザ光が入射される第2のポートと、前記第1のポートから入射される第1のレーザ光と前記第2のポートから入射される第2のレーザ光とが合波されて出射される第3のポートとを有する偏波合成手段と、その偏波合成手段の前記第3のポートから出射されるレーザ光を受光し外部に送出する光ファイバと、を有することを特徴とするものである。

【0014】

前記半導体レーザ素子の第1のストライプと第2のストライプは、互いに平行に延びて形成されていてもよい。

【0015】

前記第1レンズは、前記第1のストライプから出射された第1のレーザ光の光軸と前記第2のストライプから出射された第2のレーザ光の光軸とが、前記第1レンズの中心軸を挟んで略対称になるように位置決めされてもよい。

【0016】

前記偏波合成手段は、前記第1のポートから入射した第1のレーザ光と前記第2のポートから入射した第2のレーザ光の何れか一方を常光線として前記第3のポートに伝搬させるとともに、他方を異常光線として前記第3のポートに伝搬させる複屈折素子であってもよい。

【0017】

前記常光線が光ファイバの軸線方向に伝搬するように、前記偏波合成手段の第1のポートと第2のポートが形成されている各々の面が傾斜して形成されていて

もよい。

【0018】

前記常光線が光ファイバの軸線方向に伝搬するように、前記半導体レーザ素子及び第1レンズは、前記軸線方向に対して所定角度傾斜して配置されていてよい。

【0019】

前記偏光回転手段及び偏波合成手段は、同一のホルダ部材に固定されていてよい。

【0020】

前記第1レンズと前記偏波合成手段との間には、第1のレーザ光及び第2のレーザ光を入射し、互いの光軸を略平行にして出射するプリズムが配設されていてよい。

【0021】

前記プリズム、前記偏光回転手段及び偏波合成手段は、同一のホルダ部材に固定されていてよい。

【0022】

前記偏波合成手段と前記光ファイバとの間に配置され、前記偏波合成手段の第3のポートから出射されるレーザ光を前記光ファイバに光結合させる第2レンズを有してもよい。

【0023】

前記第1のレーザ光及び第2のレーザ光が、前記第1レンズと前記第2レンズとの間で焦点を結ぶように前記第1レンズが位置決めされてもよい。

【0024】

所定の波長の光を半導体レーザ素子に帰還させる光反射部が設けられていてよい。前記光反射部は、例えば前記光ファイバに形成されたファイバグレーティングである。

【0025】

前記半導体レーザ素子を冷却する冷却装置と、その冷却装置上に固定され、前記半導体レーザ素子を載置する基台とを有し、前記第1レンズ、前記偏光回転手

段及び偏波合成手段は、前記基台上に固定されていてもよい。

【0026】

前記基台は、前記半導体レーザ素子を固定する第1の基台と、その第1の基台上に固定され、前記第1レンズ、前記偏光回転手段及び偏波合成手段を固定する第2の基台とからなるものでもよい。

【0027】

本発明の半導体レーザモジュールの製造方法は、前記半導体レーザ素子を基台上に固定する第1の工程と、前記半導体レーザ素子からレーザ光を出射した状態で、前記第1レンズを調芯して前記基台上に固定する第2の工程と、前記半導体レーザ素子からレーザ光を出射した状態で、前記偏光回転手段を調芯して前記基台上に固定する第3の工程と、前記半導体レーザ素子からレーザ光を出射した状態で、前記偏波合成手段を調芯して前記基台上に固定する第4の工程と、前記半導体レーザ素子からレーザ光を出射した状態で、前記光ファイバを調芯して固定する第5の工程と、を有することを特徴とするものである。

【0028】

前記偏光回転手段及び偏波合成手段は、同一のホルダ部材に固定されており、前記ホルダ部材を調芯することにより、第3の工程と第4の工程を同時にやってもよい。

【0029】

前記第1レンズと前記偏波合成手段との間には、第1のレーザ光及び第2のレーザ光を入射し、互いの光軸を略平行にして出射するプリズムが配設され、前記プリズム、前記偏光回転手段及び偏波合成手段は、同一のホルダ部材に固定されており、前記ホルダ部材を調芯することにより、第3の工程と第4の工程を同時にやってもよい。

【0030】

前記ホルダ部材の調芯は、

- (1) 前記半導体レーザ素子の第1のストライプ及び第2のストライプの双方からレーザ光を出射させる工程と、
- (2) 第1のストライプから出射される第1のレーザ光を前記偏波合成手段の

第1のポートに入射させると共に前記第2のストライプから出射される第2のレーザ光を前記偏波合成手段の第2のポートに入射させる工程と、

(3) 前記ホルダ部材を中心軸の周りに回転させて第1のポートに入射した前記第1のレーザ光と第2のポートに入射した第2のレーザ光がともに第3のポートから出射されるように位置調整する工程と、

(4) 前記(3)の工程後に前記ホルダ部材の前記中心軸周りの位置を固定する工程と、

を含むものでもよい。

【0031】

本発明の光ファイバ増幅器は、上記半導体レーザモジュールと、信号光が伝送される光ファイバとを有し、前記半導体レーザモジュールから出射される励起光と前記光ファイバに伝送される信号光とを合波して前記信号光に利得を与えることを特徴とするものである。

【0032】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照しながら説明する。

(第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態例に係る半導体レーザモジュールの構成を示す側面断面図、図2は本発明の第1の実施形態例に係る半導体レーザモジュールの構成を模式化して示す説明図である。

【0033】

図1に示すように、本発明の第1の実施形態例に係る半導体レーザモジュールM1は、内部を気密封止したパッケージ1と、そのパッケージ1内に設けられ、レーザ光を出射する半導体レーザ素子2と、フォトダイオード3と、第1レンズ4と、プリズム5と、半波長板(偏光回転手段)6と、偏波合成部材(PBC:Polarization Beam Combiner)7と、光ファイバ8とを有する。

【0034】

半導体レーザ素子2は、図2に示すように、間隔を隔てて長手方向に互いに同一平面上に平行に形成された第1のストライプ9及び第2のストライプ10を有

し、第1のストライプ9及び第2のストライプ10の端面からそれぞれ第1のレーザ光K1及び第2のレーザ光K2を出射する。図2中に示すK1及びK2は、それぞれ第1のストライプ9及び第2のストライプ10から出射されるビームの中心の軌跡を示す。ビームは、図2に破線で示すように、この中心のまわりにある広がりをもって伝搬する。第1のストライプ9と第2のストライプ10との間隔は、例えば約40μm程度である。

【0035】

半導体レーザ素子2はチップキャリア11上に固定して取り付けられる。なお、半導体レーザ素子2は、ヒートシンク（図示せず）上に固定して取り付けられ、そのヒートシンクがチップキャリア11上に固定して取り付けられていてよい。

【0036】

フォトダイオード3は、半導体レーザ素子2の後側（図1では左側）端面2bから出射されたモニタ用のレーザ光を受光する。フォトダイオード3は、フォトダイオードキャリア12に固定して取り付けられている。

【0037】

第1レンズ4は、半導体レーザ素子2の前側（図1では右側）端面2aから出射された第1のレーザ光K1と第2のレーザ光K2とが入射され、第1のレーザ光K1と第2のレーザ光K2との間隔を広げるよう、それぞれの光を異なる焦点位置（F1, F2）に集光させる作用をもつ。

【0038】

第1レンズ4は、第1のレンズ保持部材13によって保持されている。第1レンズ4は、第1のストライプ9から出射された第1のレーザ光K1の光軸と第2のストライプ10から出射された第2のレーザ光K2の光軸とが、第1レンズ4の中心軸を挟んで略対称になるように位置決めされるのが好ましい。これによつて、第1のレーザ光K1及び第2のレーザ光K2が、ともに収差の小さい領域である第1レンズ4の中心軸近傍を通過するため、レーザ光の波面の乱れがなくなり、光ファイバ8との光結合効率が高くなる。その結果、より高出力の半導体レーザモジュールM1が得られる。なお、球面収差の影響を抑えるためには、第1

レンズ4は、球面収差が小さく光ファイバ8との結合効率が高くなる非球面レンズを用いるのが好ましい。

【0039】

プリズム5は、第1レンズ4と偏波合成部材7との間に配設され、入射された第1のレーザ光K1及び第2のレーザ光K2を、互いの光軸を略平行にして出射する。プリズム5は、BK7（ホウケイ酸クラウンガラス）等の光学ガラスで作られている。第1レンズ4から非平行に伝搬する第1及び第2のレーザ光K1, K2の光軸が、プリズム5の屈折により平行とされるため、そのプリズム5の後方に配置される偏波合成部材7の作製が容易になるとともに、偏波合成部材7を小型化し半導体レーザモジュールM1を小型にすることが可能となる。

【0040】

図3（A）はプリズム5の構成を示す側面図、（B）はその平面図である。図3に示すように、プリズム5は、その全長L1が約1.0mmであり、平坦状に形成された入射面5aと、所定角度θ（θは32.1°±0.1°）に傾斜した出射面5bを有する。

【0041】

半波長板6は、プリズム5を通過した第1のレーザ光K1と第2のレーザ光K2のうち、第1のレーザ光K1のみが入射され、入射された第1のレーザ光K1の偏波面を90度回転させる。

【0042】

偏波合成部材7は、第1のレーザ光K1が入射される第1のポート7aと、第2のレーザ光K2が入射される第2のポート7bと、第1のポート7aから入射される第1のレーザ光K1と第2のポート7bから入射される第2のレーザ光K2とが合波されて出射される第3のポート7cとを有する。偏波合成部材7は、例えば、第1のレーザ光K1を常光線として第3のポート7cに伝搬させるとともに、第2のレーザ光K2を異常光線として第3のポート7cに伝搬させる複屈折素子である。偏波合成部材7が複屈折素子の場合、複屈折率性が高くレーザ光間の分離幅を大きくとれるように、例えばTiO₂（ルチル）で作られる。

【0043】

本実施形態例においてはプリズム5、半波長板6及び偏波合成部材7は、同一のホルダ部材14に固定されている。図4 (A) はプリズム5、半波長板6及び偏波合成部材7を固定するホルダ部材14を示す平面図、(B) はその側面断面図、(C) はその正面図である。図4に示すように、ホルダ部材14は、YAGレーザ溶接が可能な材料(例えばSUS403、304等)で作られ、その全長L2は約7.0mmであり、全体が略円柱状に形成されている。ホルダ部材14に内部に収容部14aが形成され、その収容部14aにプリズム5、半波長板6及び偏波合成部材7がそれぞれ固定される。ホルダ部材14の上部は開口され、その下部は平坦状に形成されている。

【0044】

これによって、偏波合成部材7の第1のポート7aから入射する第1のレーザ光K1及び第2のポート7bから入射する第2のレーザ光K2をともに第3のポート7cから出射するように、プリズム5、偏波合成部材7の中心軸C1周りの位置を調整することが非常に容易になる。

【0045】

光ファイバ8は、偏波合成部材7の第3のポート7cから出射されるレーザ光を受光し外部に送出する。光ファイバ8には、図2に示すように、所定の波長帯の光を反射するファイバグレーティングからなる光反射部15が設けられている。この光反射部15によって、所定波長の光で半導体レーザ素子2に帰還され、半導体レーザ素子2の発振波長が固定されるとともに、発振スペクトル幅を狭くすることができる。従って、この半導体レーザモジュールM1からの出力光を、波長合成カプラ(WDM)により合波して、エルビウムドープ光ファイバ増幅器やラマン増幅器の励起光源として用いた場合には、波長合成カプラの損失を低く抑えて高出力の合波光を得ることができるとともに、ラマン増幅器に使用した場合には、ラマン増幅の利得変動を抑えることができる。光反射部15は、例えばフェーズマスクを介して干渉縞となった紫外光を光ファイバ8のコア部に照射することによって周期的に屈折率の変化を生じさせて形成される。

【0046】

偏波合成部材7と光ファイバ8との間には、偏波合成部材7の第3のポート7

c から出射されるレーザ光を光ファイバ8に光結合させる第2レンズ16が配設されている。第1のレーザ光K1及び第2のレーザ光K2は、第1レンズ4と第2レンズ16との間で焦点(F1、F2)を結ぶように第1レンズ4が位置合わせされている。これによって、第1のレーザ光K1及び第2のレーザ光K2が第1レンズ4を通過後、分離する(図2中の距離D'が十分大きな値となる)ために必要な伝搬距離Lが短くなるため、半導体レーザモジュールM1の光軸方向の長さを短くすることができる。その結果、例えば高温環境下における半導体レーザ素子2と光ファイバ8との光結合の経時安定性が優れた、信頼性の高い半導体レーザモジュールM1を提供できる。

【0047】

半導体レーザ素子2を固定したチップキャリア11と、フォトダイオード3を固定したフォトダイオードキャリア12とは、断面略L字形状の第1の基台17上に半田付けして固定される。第1の基台17は、半導体レーザ素子2の発熱に対する放熱性を高めるためにCuW系合金等で作られているのが好ましい。

【0048】

第1レンズ4を固定した第1のレンズ保持部材13と、プリズム5、半波長板6及び偏波合成部材7を固定したホルダ部材14とは、第2の基台18上にそれぞれ第1の支持部材19a及び第2の支持部材19bを介してYAGレーザ溶接により固定される。このため第2の基台18は、溶接性の良好なステンレス鋼等で作られているのが好ましい。また、第2の基台18は、第1の基台17の平坦部17a上に銀ろう付けして固定される。

【0049】

第1の基台17の下部にはペルチェ素子からなる冷却装置20が設けられている。半導体レーザ素子2からの発熱による温度上昇はチップキャリア11上に設けられたサーミスタ20aによって検出され、サーミスタ20aより検出された温度が一定温度になるように、冷却装置20が制御される。これによって、半導体レーザ素子2のレーザ出力を高出力化かつ安定化させることができる。

【0050】

パッケージ1の側部に形成されたフランジ部1aの内部には、偏波合成部材7

を通過した光が入射する窓部1bが設けられ、フランジ部1aの端面には中間部材1dが固定されている。中間部材1b内にはレーザ光を集光する第2レンズ16を保持する第2のレンズ保持部材21がYAGレーザ溶接により固定されている。第2のレンズ保持部材21の端部には金属製のスライドリング22がYAGレーザ溶接により固定される。

【0051】

光ファイバ8はフェルール23によって保持され、そのフェルール23は、スライドリング22の内部にYAGレーザ溶接により固定されている。

【0052】

次に、本発明の第1の実施形態例に係る半導体レーザモジュールM1の動作について説明する。

【0053】

半導体レーザ素子2の第1のストライプ9及び第2のストライプ10の前側端面2aからそれぞれ出射された第1のレーザ光K1及び第2のレーザ光K2は、第1レンズ4を通過し、交差した後、間隔が広がりプリズム5に入射される。プリズム5に入射した時の第1のレーザ光K1と第2のレーザ光K2との間隔(D)は約460μmである。プリズム5によって第1のレーザ光K1と第2のレーザ光K2は平行となって出射し(両者の間隔は約500μmになる)、第1のレーザ光K1は半波長板6に入射され、偏波面を90度回転させた後、偏波合成部材7の第1のポート7aに入射され、第2のレーザ光K2は偏波合成部材7の第2のポート7bに入射される。

【0054】

偏波合成部材7では、第1のポート7aから入射される第1のレーザ光K1と第2のポート7bから入射される第2のレーザ光K2とが合波されて第3のポート7cから出射される。

【0055】

偏波合成部材7から出射されたレーザ光は、第2レンズ16によって集光され、フェルール23によって保持された光ファイバ8の端面に入射され外部に送出される。また、光ファイバ8の光反射部15によってレーザ光の一部が反射され

、反射された光は、半導体レーザ素子2に帰還され、半導体レーザ素子2と光反射部15との間で外部共振器が構成されるので、光反射部15によって決定される波長帯でのレーザ発振が可能となる。

【0056】

一方、半導体レーザ素子2の後側端面2bから出射されたモニタ用のレーザ光は、フォトダイオード3によって受光され、フォトダイオード3の受光量等を算出することにより半導体レーザ素子2の光出力等を調整する。

【0057】

本発明の第1の実施形態例に係る半導体レーザモジュールM1によれば、半導体レーザ素子2から第1のレーザ光K1及び第2のレーザ光K2が出射され、半波長板6によって第1のレーザ光K1の偏光面が90度回転し、偏波合成部材7によって第1のレーザ光K1と第2のレーザ光K2が偏波合成されるので、光ファイバ8からは高出力で、かつ偏光度の小さいレーザ光を出力することができる。また、光ファイバ8にファイバグレーティングからなる光反射部15が形成されているので、光ファイバ8から波長が固定されたレーザ光を出力することができる。従って、上記の半導体レーザモジュールM1を、高出力が要求されるエルビウムドープ光ファイバ増幅器や、さらに低偏波依存性及び波長安定性が要求されるラマン増幅器の励起光源として適用することができる。

【0058】

また、2つのレーザ光を出射させる2つのストライプを備えた1個の半導体レーザ素子2だけを用いているので、半導体レーザ素子2の位置決め時間が短くなる。その結果、半導体レーザモジュールM1の製造時間を短縮化できる。

【0059】

また、従来は2つの半導体レーザ素子からそれぞれ全く異なる軸方向に光が出射されるため、そのそれぞれの軸方向でのパッケージの反り等を考慮して半導体レーザモジュールを設計しなければ、環境温度の変化等によって生じたパッケージの反りによる光出力変動を抑制できなかったが、本実施形態例の構成によれば、1個の半導体レーザ素子から出力される2つの光は略同じ方向に伝搬されるため、パッケージの反りの影響を1方向においてのみ抑制することにより、光ファ

イバ8から出力される光の強度の安定化を図ることができる。

【0060】

また、1個の半導体レーザ素子から2つの光を出力することにより、これら2つの光はパッケージの反り等に対して、光ファイバ8との結合効率が同じ傾向で変動する。従って、温度変動等があった場合でも光ファイバ8から出力される光の偏光度が安定化する。

【0061】

次に、本発明の第1の実施形態例に係る半導体レーザモジュールM1の製造方法について説明する。

【0062】

まず、第1の基台17の平坦部17a上に第2の基台18を銀ろう付けして固定する。

【0063】

次いで、半導体レーザ素子2を固定したチップキャリア11と、フォトダイオード3を固定したフォトダイオードキャリア12を第1の基台17上に半田付けして固定する。

【0064】

次いで、第2の基台18上に第1レンズ4を調芯して固定する。この第1レンズ4の調芯工程では、半導体レーザ素子2に電流を供給して第1のレーザ光K1及び第2のレーザ光K2を半導体レーザ素子2の第1のストライプ9及び第2のストライプ10の双方から出射させ、その出射方向を基準方向として設定した後、第1レンズ4を挿入し、XYZ軸方向の位置を決める。

【0065】

図5は、第1レンズ4の調芯工程を説明するための説明図である。X軸方向については、図5(A)に示すように、上記のようにして設定された基準方向(中心軸C2)と第1のレーザ光K1との角度θ1と、中心軸C2と第2のレーザ光K2との角度θ2とが等しくなる位置で決める。Y軸方向については、図5(B)に示すように、第1のレーザ光K1及び第2のレーザ光K2が第1レンズ4の中心を通る位置で決める。Z軸については、半導体レーザ素子2からの規定の距

離で、レーザ光のスポット径が最小となる位置で決める。以上の調芯工程で決まった位置で第1レンズ4を保持する第1のレンズ保持部材13を、第2の基台18上に第1の支持部材19aを介してYAGレーザ溶接して固定する。

【0066】

次いで、第2の基台18上に、プリズム5、半波長板6、偏波合成部材7を一体化したホルダ部材14を調芯して固定する。このホルダ部材14の調芯工程では、位置合わせ用光ファイバコリメータを用いて、そのファイバに結合する光強度が最大になるように、ホルダ部材14の中心軸C1(図4参照)回りθ、XYZ軸方向の位置を決める。ホルダ部材14の中心軸C1回りの位置決めでは、ホルダ部材14を中心軸C1の周りに回転させて第1のポート7aに入射した第1のレーザ光K1と第2のポート7bに入射した第2のレーザ光K2とともに第3のポート7cから出射されるように位置調整する。以上の調芯工程で決まった位置でホルダ部材14を第2の基台18上に第2の支持部材19bを介してYAGレーザ溶接して固定する。

【0067】

次いで、第1の基台17を、予めパッケージ1の底板上に固定された冷却装置20上に半田付けして固定する。

【0068】

次いで、半導体レーザ素子2及びモニタ用のフォトダイオード3は、金ワイヤ(図示せず)を介してパッケージ1のリード(図示せず)と電気的に接続される。

【0069】

次いで、不活性ガス(例えばN₂、Xe)雰囲気においてパッケージ1上部に蓋1cを被せて、その周縁部を抵抗溶接することにより気密封止する。

【0070】

次いで、パッケージ1のフランジ部1aに対し第2レンズ16をXY面内及びZ軸方向で調芯して固定する。この工程では、第2レンズ16の出射光がパッケージ1のフランジ部1aの中心軸と平行となる位置でYAGレーザ溶接により固定する。

【0071】

最後に、光ファイバ8を調芯して固定する。この工程では、第2のレンズ保持部材21の端部に金属製のスライドリング22を固定する。スライドリング22は、第2のレンズ保持部材21の端面において、光ファイバ8の光軸と垂直な面内(XY平面)で位置調整後、両者の境界部においてYAGレーザ溶接して固定される。光ファイバ8を保持するフェルール23は、光ファイバ8の出力が最大となる位置で、スライドリング22の内部にYAGレーザ溶接により固定される。これにより光ファイバ8の光軸方向(Z軸方向)の位置が固定される。

【0072】

ここで、本発明の半導体レーザモジュールに使用される半導体レーザ素子2について説明する。図6(A)～(C)は本発明の半導体レーザモジュールに使用される半導体レーザ素子2の構成を説明するための説明図、図7は半導体レーザ素子2の他の例を示す説明図である。なお、図6(B)及び(C)は図6(A)のa-a線断面図である。

【0073】

図6(A)に示すように、半導体レーザ素子2は、例えば有機金属気相成長法、液相法、分子線エピタキシャル成長法、ガスソース分子線エピタキシャル成長法等の公知のエピタキシャル成長法により、所定の半導体からなる基板24の上に、所定の半導体のエピタキシャル結晶成長を行って後述する積層構造25を形成した後、基板24の底面に下部電極26、積層構造25の上面に上部電極27を形成し、へき開を行って所定の共振器長L3とし、更に一方のへき開面(前面2a)に低反射膜28を成膜し、他方のへき開面(後面2b)に高反射膜29を成膜した構造になっている。

【0074】

図6(B)に示すように、基板24上の積層構造25は、例えば埋め込み型BH(Buried Heterostructure)構造になっていて、例えばn-InPから成る基板24の上に、例えばn-InPから成る下部クラッド層30、例えばノンドープGaInAsPから成る下部Grin-SCH層31、例えばGaInAsPから成る活性層32、例えばノンドープGaInAsPから成る上部Grin-S

CH層33が順次積層されており、更に、上部Grin-SCH層33の上に、例えばp-InPから成る上部クラッド層34、例えばp-GaInAsPから成るキャップ層35が積層されている。そして、このキャップ層35の上に上部電極27が形成され、また基板24の底面には下部電極26が形成されている。

【0075】

そして、上記した下部クラッド層30、下部Grin-SCH層31、活性層32、上部Grin-SCH層33は、40μmの間隔を介して互いに平行に並んだ2本のストライプ（第1のストライプ9及び第2のストライプ10）状に加工され、その側面に例えばp-InP層36とn-InP層37をこの順序で積層することにより、活性層32への電流注入用の狭窄部が形成されている。

【0076】

上記した活性層32としては、例えば、基板24に対する格子不整合率が0.5%以上1.5%以下となるような圧縮歪み量子井戸構造を採用し、かつ井戸数が5個程度の多重量子井戸構造を使用するのが、高出力化の観点から有利である。また、歪み量子井戸構造として、その障壁層を井戸層の歪みと反対の引っ張り歪みを導入して成る歪み補償構造とすれば、等価的に格子整合条件を満たすことができるため、井戸層の格子不整合度に関しては上限を設けることは必要ではない。

【0077】

次に、上記の構造の半導体レーザ素子2の製造方法について説明する。

【0078】

まず、有機金属気相成長法、液相法、分子線エピタキシャル成長法、ガスソース分子線エピタキシャル成長法等の公知のエピタキシャル成長法により、基板24の上に、下部クラッド層30、下部Grin-SCH層31、活性層32、上部Grin-SCH層33、上部クラッド層34の順に積層する。

【0079】

次いで、40μmの間隔を介して互いに平行に並んだ2本のマスクを上記上部クラッド層34上に形成してから、所定のエッチャントを用いて上部クラッド層34、上部Grin-SCH層33、活性層32、下部Grin-SCH層31

、及び下部クラッド層30の一部を溶解し、上記ストライプ上にさらに、p-I-nP層36とn-InP層37をこの順序で積層することによって、活性層32への電流注入用の狭窄部を形成する。

【0080】

次いで、p-InPから成る上部クラッド層34が上記のエッチングにより溶解されているので、上部クラッド層34を再度結晶成長させて積層する。

【0081】

また、上部クラッド層34上にキャップ層35を積層する。

【0082】

次いで、キャップ層35の上面に上部電極27を形成し、基板24の底面に下部電極26を形成する。

【0083】

その後、へき開を行って所定の共振器長L3とし、更に一方のへき開面（前面2a）に低反射膜28を成膜し、他方のへき開面（後端面2b）に高反射膜29を成膜する。

【0084】

このようにして作製された半導体レーザ素子2は、上部電極27側を、図示しないヒートシンクにAuSn半田等により接着される。そして、2つのストライプは、上部電極27（本実施形態例ではp側）及び下部電極26（本実施形態例ではn側）を通して外部より供給される電流により、同時にレーザ発振し、低反射膜28からの2つの出力光が前述した偏波合成部材7により合波されて所望の用途に供される。

【0085】

ここで、2つのストライプの特性が全く同じであるとすると、本実施形態例に係る半導体レーザ素子2のしきい値電流は、ストライプ1本のしきい値電流の2倍、全光出力は、ストライプ1本の光出力の2倍となる。すなわち、半導体レーザ素子2全体としては、ストライプ1本当たりの駆動電流の約2倍の駆動電流で約2倍の光出力が得られ、半導体レーザ素子2のスロープ効率は1本のストライプを有する半導体レーザ素子2と変わらない。

【0086】

なお、上記した例では、2つのストライプが同時に駆動される構造を示したが、例えば図6 (C) に示すように、2つのストライプの間に上部電極27から下部クラッド層30の深さにまで及ぶ分離溝38を形成し、その分離溝38表面を絶縁膜39で被覆することにより、2つのストライプを電気的に分離することができる。このような半導体レーザ素子2の下部電極26側を、図示しないヒートシンクにAuSn半田等により接着すれば、2つのストライプに供給する駆動電流を独立に制御することも可能となり、光ファイバ8から出力されるレーザ光の偏波面をランダム化することが容易となる。

【0087】

また、上部電極27側を図示しないヒートシンクに接着して使用する場合には、ヒートシンク側に、上部電極27に対応した電極パターンを形成しておくことにより、これら2つのストライプを独立に駆動することができる。

【0088】

また、上記した例では、半導体レーザ素子2は、InP系の埋め込み型BH構造のものを説明したが、例えば図7に示すようなGaAs系のリッジ導波路型の半導体レーザ素子2であってもよい。図7に示すように、この半導体レーザ素子2は、n-GaAsからなる基板40上に、n型下部クラッド層41、活性層42、p型上部クラッド層43、絶縁層44、p-GaAs層45を積層し、2つのリッジ部が形成されている。絶縁層44及びp-GaAs層45上には上部電極(p電極)46が形成され、基板40の底面には下部電極(n電極)47が形成されている。

【0089】

さらに、本実施形態例では、ファブリ・ペロー型の半導体レーザ素子2を説明したが、DFB、DBR等の波長選択手段を具備した半導体レーザ素子2を用いてもよい。このような半導体レーザ素子2を使用すれば、ファイバグレーティング付の光ファイバ8を使用しなくとも、発振波長の安定化された光出力を得ることが可能となる。

(第2の実施形態例)

図8は、本発明の第2の実施形態例に係る半導体レーザモジュールM2の構成を模式化して示す説明図である。図8に示すように、第2の実施形態例では、常光線である第1のレーザ光K1が光ファイバ8の軸線方向に伝搬するように、偏波合成部材7の第1のレーザ光K1及び第2のレーザ光K2の入射面が楔形に傾斜して形成されている。第2の実施形態例によれば、常光線である第1のレーザ光K1が光ファイバ8の軸線方向に伝搬するので、半波長板6と第1レンズ4との間にプリズム5を配設する必要がなくなり、構成を簡単にすることができる。

【0090】

また、半導体レーザモジュールM2の光軸方向の長さを短くできるので、高温状態における光出力特性に対するパッケージの反りの影響を低減できる。

【0091】

なお、第2の実施形態例においても、中心軸周りの角度調整を容易にするため、半波長板6と偏波合成部材7とが同一のホルダ部材14に固定されているのが好ましい。

(第3の実施形態例)

図9は、本発明の第3の実施形態例に係る半導体レーザモジュールM3の構成を模式化して示す説明図である。第3の実施形態例では、常光線である第1のレーザ光K1が光ファイバ8の軸線方向に伝搬するように、半導体レーザ素子2及び第1レンズ4は、軸線方向に対して所定角度傾斜して配置されている。第3の実施形態例によれば、常光線である第1のレーザ光K1が光ファイバ8の軸線方向に伝搬するので、半波長板6と第1レンズ4との間にプリズム5を配設する必要がなくなり、構成を簡単にすることができる。また、偏波合成部材7の研磨を片方だけ行えばよいので、第2の実施形態例に比べ研磨の簡略化が可能となる。

【0092】

また、半導体レーザモジュールM3の光軸方向の長さを短くできるので、高温状態における光出力特性に対するパッケージの反りの影響を低減できる。

【0093】

なお、第3の実施形態例においても、中心軸周りの角度調整を容易にするため、半波長板6と偏波合成部材7とが同一のホルダ部材14に固定されているのが

好ましい。

【0094】

上記の実施形態例に係る半導体レーザモジュールM1～M3は、高出力で偏光度が小さく、波長が安定したレーザ光を出力することができるので、エルビウムドープ光ファイバ増幅器やラマン増幅器の励起光源として用いることが可能である。

(第4の実施形態例)

図10は、本発明の第4の実施形態例に係る光ファイバ増幅器の構成を示すブロック図である。

【0095】

図10に示すように、本発明の第4の実施形態例に係る光ファイバ増幅器48は、信号光が入力される入力部49と、信号光が出力される出力部50と、入力部49と出力部50の間で信号光を伝送する光ファイバ(増幅用ファイバ)51と、励起光を発生させる励起光発生部52と、励起光発生部52によって発生された励起光と光ファイバ(増幅用ファイバ)51に伝送される信号光とを合波するWDMカプラ53とを有する。入力部49とWDMカプラ53との間及び出力部50とWDMカプラ53との間には、入力部49から出力部50への方向の信号光だけを透過させる光アイソレータ54がそれぞれ設けられている。

【0096】

励起光発生部52は、互いに波長帯の異なるレーザ光を射出する本発明の実施形態例に係る複数の半導体レーザモジュールMと、半導体レーザモジュールMから射出されたレーザ光を合成するWDMカプラ55とを有する。

【0097】

半導体レーザモジュールMから射出された励起光は、WDMカプラ55によって合成され、励起光発生部52の出力光となる。

【0098】

励起光発生部52で発生した励起光は、WDMカプラ53により光ファイバ51に結合され、一方、入力部49から入力された信号光は、光ファイバ51で励起光と合波されて増幅され、WDMカプラ53を通過し、出力部50から出力さ

れる。

【0099】

本発明は、上記実施の形態に限定されることはなく、特許請求の範囲に記載された技術的事項の範囲内において、種々の変更が可能である。例えば、上述した半導体レーザ素子2の第1のストライプ9と第2のストライプ10は、互いに長手方向に平行に延びて形成されているが、これに限らず例えば図11に示すように、傾斜して形成されていてもよい。この場合、2本のストライプ9, 10から出射される2本のレーザ光は半導体レーザ素子2から短距離で交差するので、第1のレーザ光K1及び第2のレーザ光K2が第1レンズ4を通過後、分離する（図2においてD'が十分大きくなることをいう）ために必要な伝搬距離（図2におけるL）が短くなるため、半導体レーザモジュールMの光軸方向の長さを短くすることができる。

【0100】

また、上記の実施の形態に係る半導体レーザモジュールMでは、半導体レーザ素子2とホルダ部材14とは同一の冷却装置20によって冷却されるが、別個の冷却装置を用いて、半導体レーザ素子2とホルダ部材14とを独立に温度制御してもよい。

【0101】

また、偏光回転手段としては、半波長板6を用いることを示したが、例えばファラデー素子を用いて偏光面を回転させてもよい。この場合、ファラデー素子をコイルの内部に配置し、ファラデー素子に印加する磁界強度をコイルに流す電流の大きさによって可能とすれば、レーザの波長のばらつきや、温度のばらつきによる偏光面の回転角のばらつきを、コイルに流す電流の大きさを調整することによって個々に補償することが可能となる。

【0102】

【発明の効果】

本発明によれば、半導体レーザ素子から第1のレーザ光及び第2のレーザ光が射出され、偏光回転手段によって一方のレーザ光の偏光面が所定角度回転され、偏波合成手段によって第1のレーザ光と第2のレーザ光が偏波合成されるので、

光ファイバからは偏光度の小さい高強度のレーザ光を出力することができる。また、光ファイバにファイバグレーティング等の光反射部が形成されていれば、光ファイバから波長が固定されたレーザ光を出力することができる。従って、上記の半導体レーザモジュールを、高光出力特性、低偏波依存性及び波長安定性が要求されるエルビウムドープ光ファイバ増幅器やラマン増幅器の励起光源として適用することができる。

【0103】

また、2つのレーザ光を出射させる2つのストライプを備えた1個の半導体レーザ素子だけを用いているので、半導体レーザ素子の位置決め時間が短くなる。その結果、半導体レーザモジュールの製造時間を短縮化できる。

【0104】

また、従来は2つの半導体レーザ素子からそれぞれ全く異なる軸方向に光が出射されるため、そのそれぞれの軸方向でのパッケージの反り等を考慮して半導体レーザモジュールを設計しなければ、環境温度の変化等によって生じたパッケージの反りによる光出力変動を抑制できなかったが、本発明によれば、1個の半導体レーザ素子から出力される2つの光は略同じ方向に伝搬されるため、パッケージの反りの影響を1方向においてのみ抑制することにより、光ファイバから出力される光の強度の安定化を図ることができる。

【0105】

また、1個の半導体レーザ素子から2つの光を出力することにより、これら2つの光はパッケージの反り等に対して、光ファイバとの結合効率が同じ傾向で変動する。従って、温度変動等があった場合でも光ファイバから出力される光の偏光度が安定化する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施形態例に係る半導体レーザモジュールの構成を示す側面断面図である。

【図2】

本発明の第1の実施形態例に係る半導体レーザモジュールの構成を模式化して

示す説明図である。

【図3】

(A) はプリズムの構成を示す側面図、(B) はその平面図である。

【図4】

(A) はプリズム、半波長板及び偏波合成部材を固定するホルダを示す平面図、(B) はその側面断面図、(C) はその正面図である。

【図5】

(A) 及び (B) は第1レンズの調芯工程を説明するための説明図である。

【図6】

(A) ~ (C) は半導体レーザ素子の構成を説明するための説明図である。

【図7】

半導体レーザ素子の他の例を示す説明図である。

【図8】

本発明の第2の実施形態例に係る半導体レーザモジュールの構成を模式化して示す説明図である。

【図9】

本発明の第3の実施形態例に係る半導体レーザモジュールの構成を模式化して示す説明図である。

【図10】

本発明の第4の実施形態例に係る光ファイバ増幅器の構成を示すブロック図である。

【図11】

半導体レーザ素子の2本のストライプが傾斜して形成されている例を示す説明図である。

【図12】

米国特許第5589684号公報に開示された半導体レーザ装置を説明するための説明図である。

【符号の説明】

K1 : 第1のレーザ光

K 2 : 第2のレーザ光

M, M1, M2, M3 : 半導体レーザモジュール

1 : パッケージ

1 a : フランジ部

1 b : 窓部

1 c : 蓋

1 d : 中間部材

2 : 半導体レーザ素子

3 : フォトダイオード

4 : 第1レンズ

5 : プリズム

6 : 半波長板 (偏光回転手段)

7 : 偏波合成部材

7 a : 第1のポート

7 b : 第2のポート

7 c : 第3のポート

8 : 光ファイバ

9 : 第1のストライプ

10 : 第2のストライプ

11 : チップキャリア

12 : フォトダイオードキャリア

13 : 第1のレンズ保持部材

14 : ホルダ部材

15 : 光反射部

16 : 第2レンズ

17 : 第1の基台

18 : 第2の基台

19 a : 第1の支持部材

19 b : 第2の支持部材

- 20 : 冷却装置
- 20a : サーミスタ
- 21 : 第2のレンズ保持部材
- 22 : スライドリング
- 23 : フェルール
- 24 : 基板
- 25 : 積層構造
- 26 : 下部電極
- 27 : 上部電極
- 28 : 低反射膜
- 29 : 高反射膜
- 30 : 下部クラッド層
- 31 : 下部Grin-SCH層
- 32 : 活性層
- 33 : 上部Grin-SCH層
- 34 : 上部クラッド層
- 35 : キャップ層
- 36 : p-InP層
- 37 : n-InP層
- 38 : 分離溝
- 39 : 絶縁膜
- 40 : 基板
- 41 : n型下部クラッド層
- 42 : 活性層
- 43 : p型上部クラッド層
- 44 : 絶縁層
- 45 : p-GaAs層
- 46 : 上部電極
- 47 : 下部電極

49：入力部

50：出力部

51：光ファイバ

52：励起光発生部

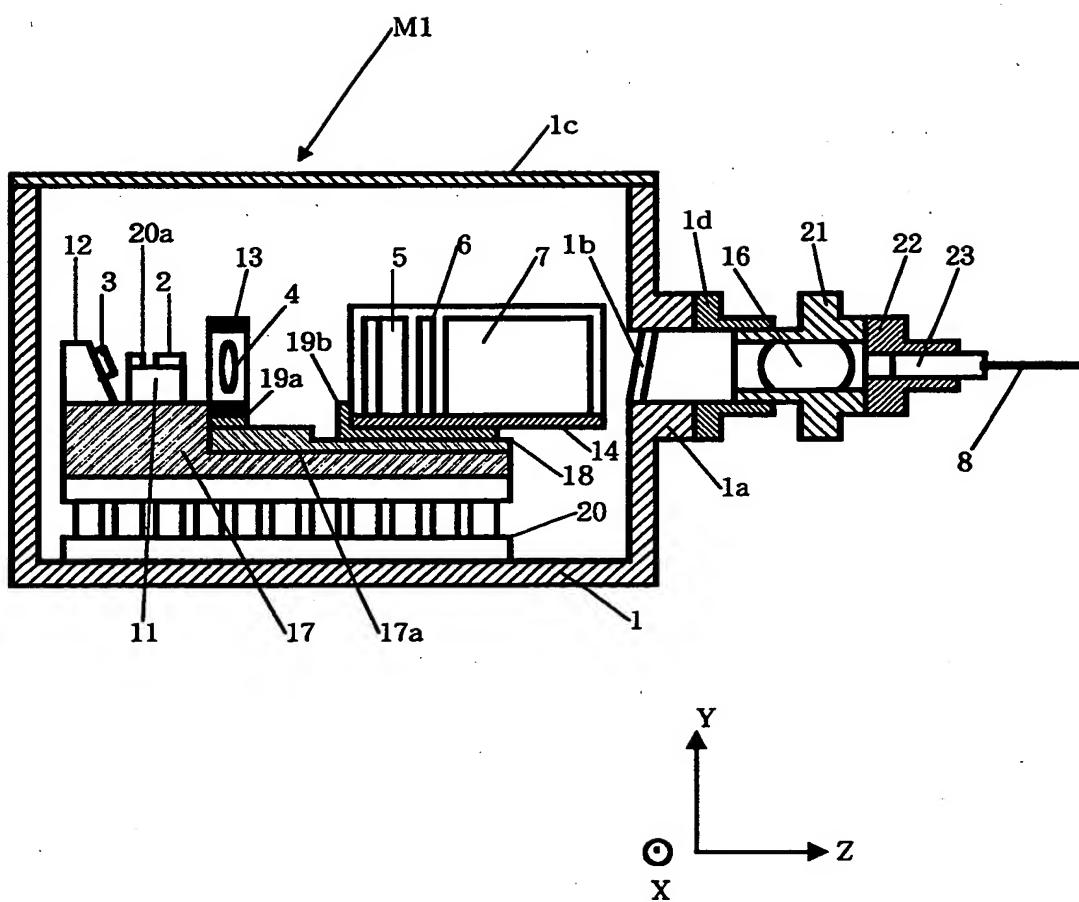
53：WDMカプラ

54：光アイソレータ

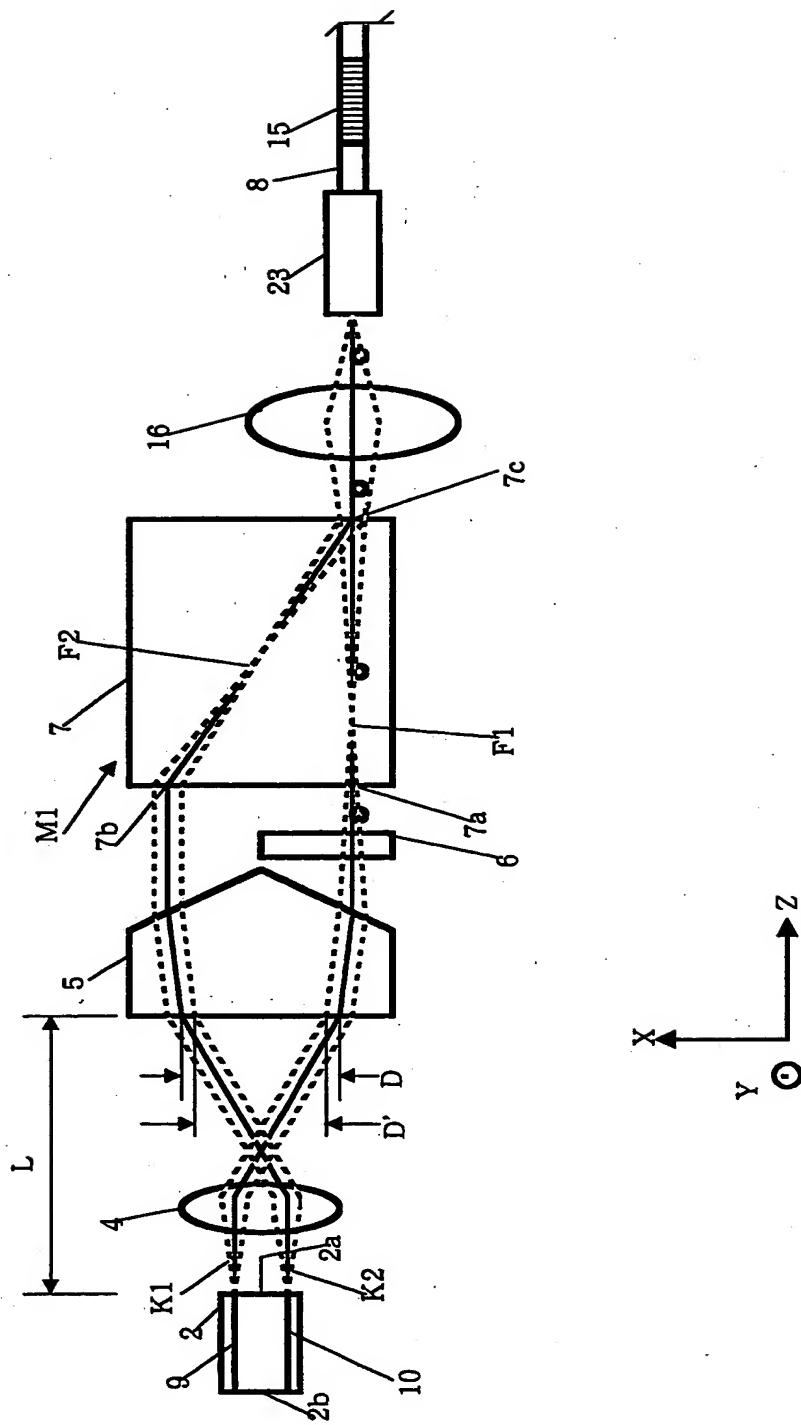
55：WDMカプラ

【書類名】 図面

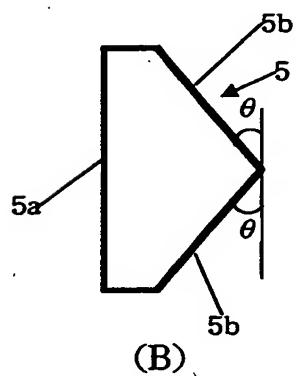
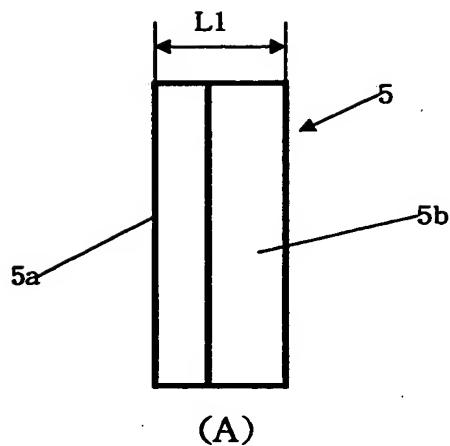
【図1】



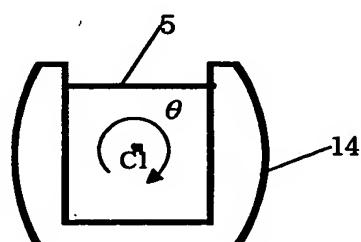
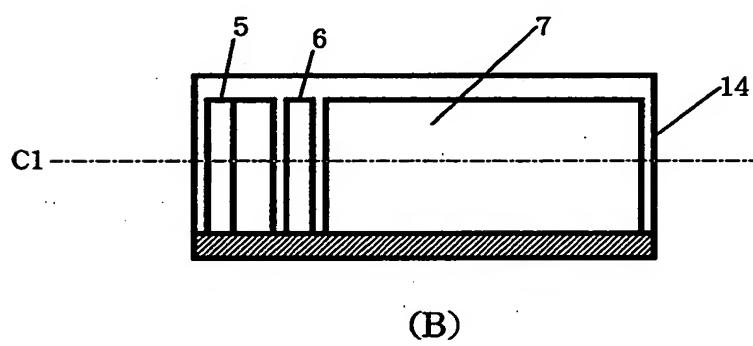
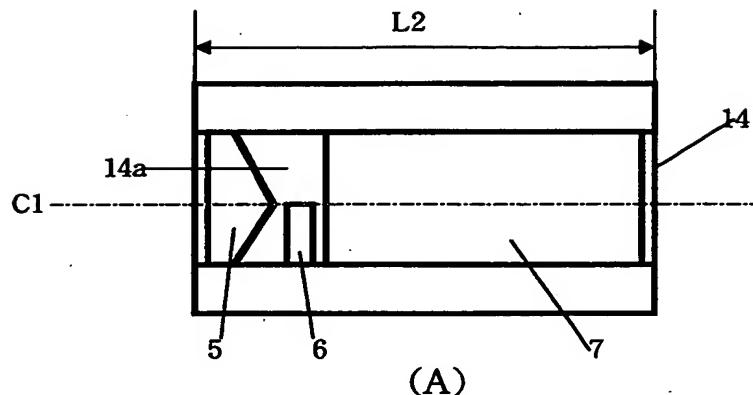
【図2】



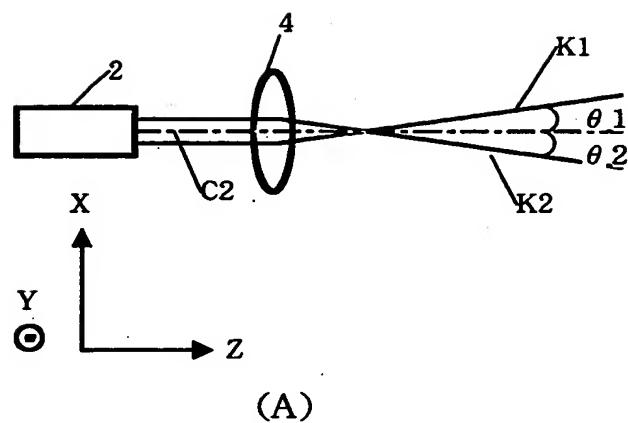
【図3】



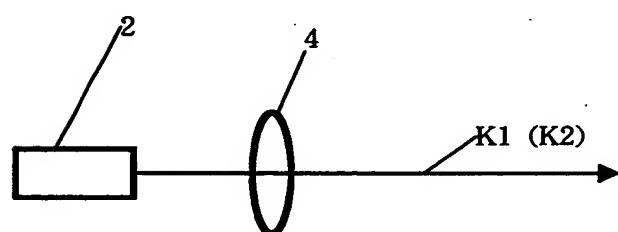
【図4】



【図5】

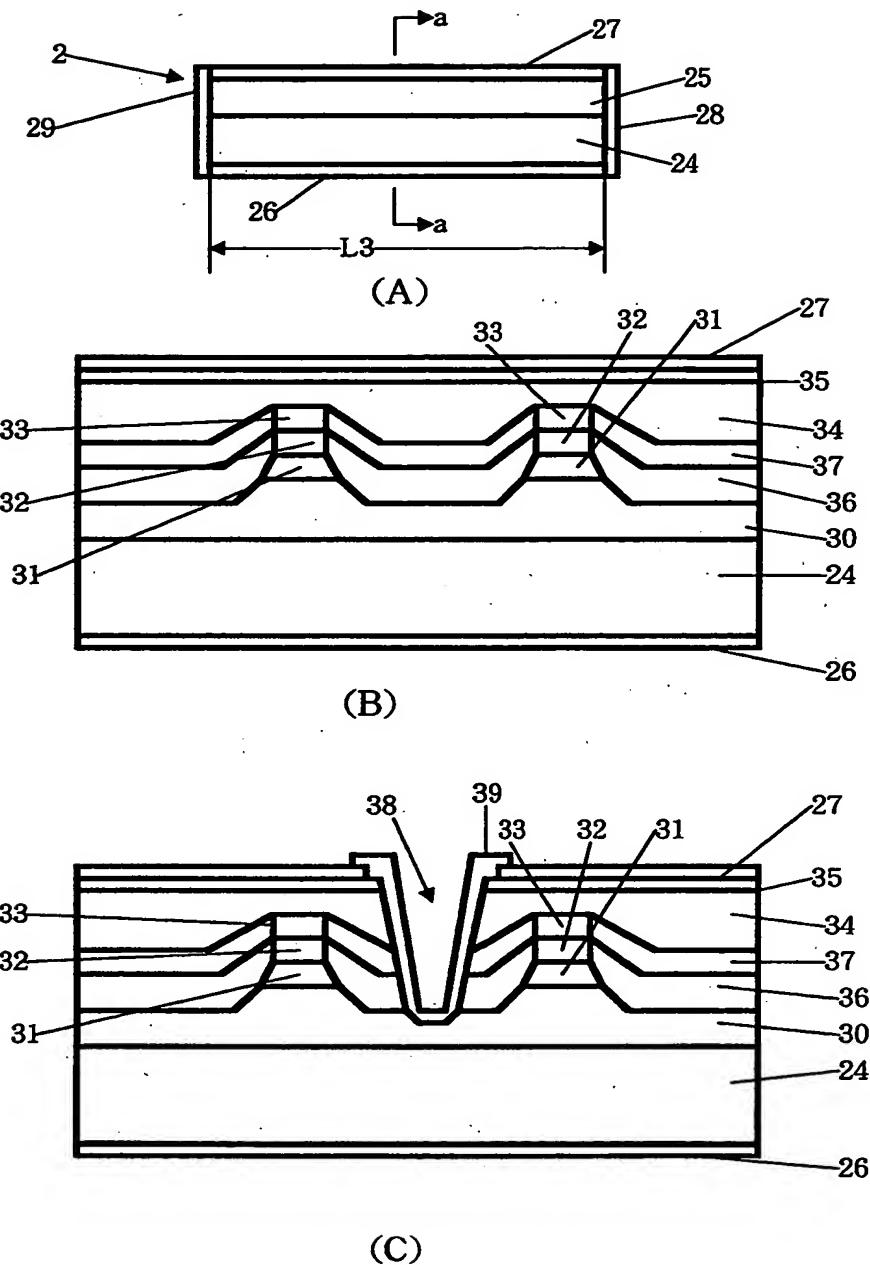


(A)

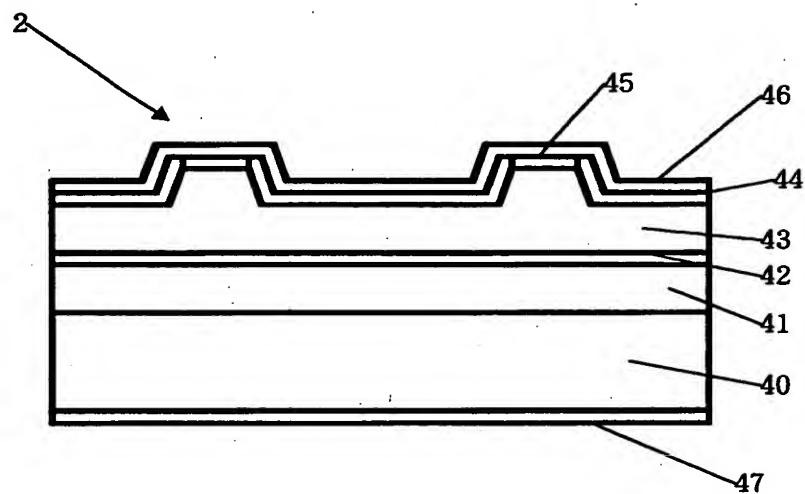


(B)

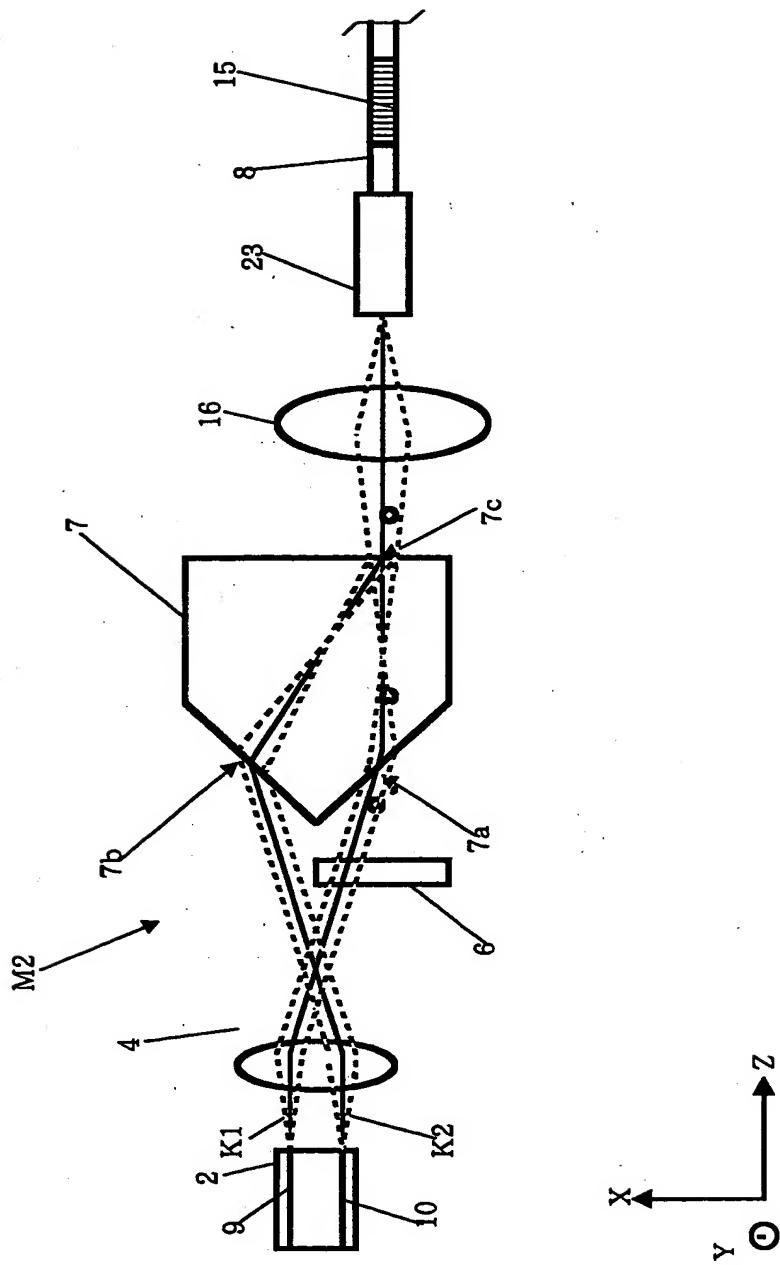
【図6】



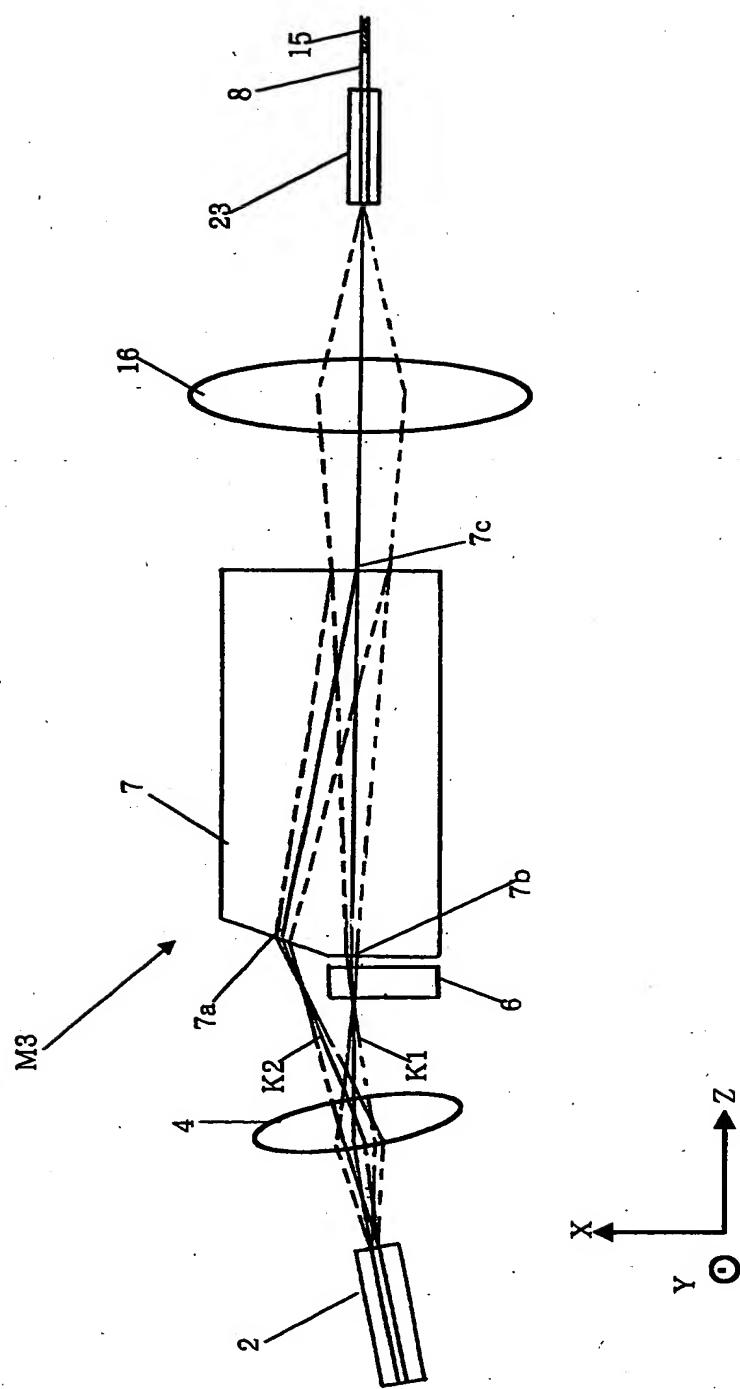
【図7】



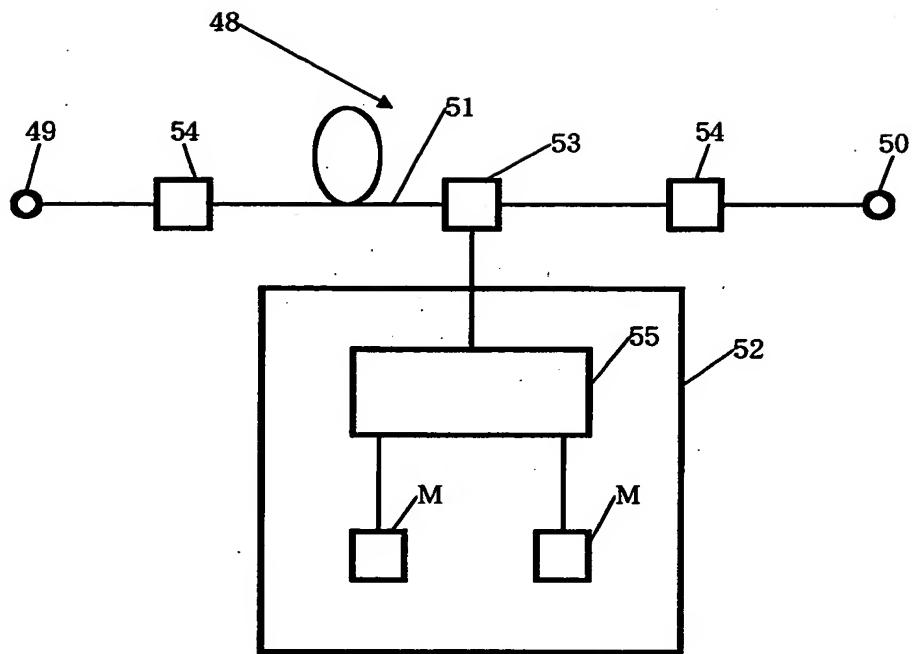
【図8】



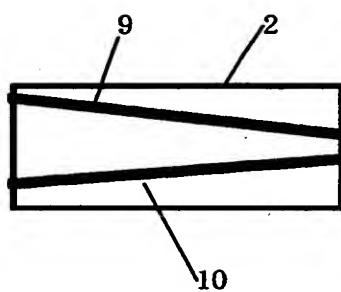
【図9】



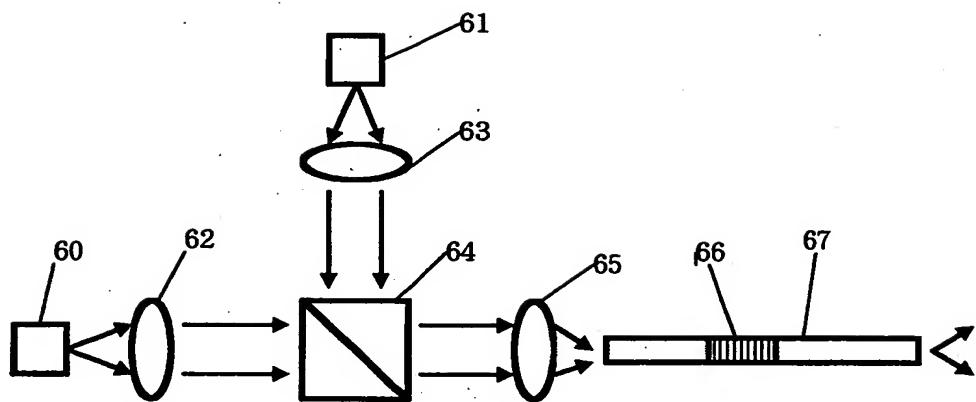
【図10】



【図11】



【図12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

半導体レーザ素子の位置決め時間及びレンズの調芯時間を短くするとともに、半導体レーザモジュールから出力されるレーザ光の光強度及び偏光度の安定化を図ることができる半導体レーザモジュール半導体レーザモジュールを提供する。

【解決手段】

間隔を隔てて形成された第1のストライプ9及び第2のストライプ10を有し、第1のストライプ9及び第2のストライプ10の端面からそれぞれ第1のレーザ光K1及び第2のレーザ光K2を出射する半導体レーザ素子2と、半導体レーザ素子2から出射された第1のレーザ光K1と第2のレーザ光K2とが入射され、第1のレーザ光K1と第2のレーザ光K2との間隔を広げるよう分離させる第1レンズ4と、第1のレーザ光K1の偏波面を90度回転させる半波長板6と、入射された第1のレーザ光K1と第2のレーザ光K2とが合波されて出射される偏波合成部材7と、偏波合成部材7から出射されるレーザ光を受光し外部に送出する光ファイバ8と、を有する。

【選択図】 図2

出願人履歴情報

識別番号 [000005290]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

氏 名 古河電気工業株式会社